

2/41

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau International



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : G01K 13/02		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/31508 (43) Date de publication internationale: 2 juin 2000 (02.06.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02829 (22) Date de dépôt international: 18 novembre 1999 (18.11.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/14552 19 novembre 1998 (19.11.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): AUXITROL S.A. (FR/FR); 5, allée Charles Pathé, F-18000 Bourges (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): BERNARD, Marc (FR/FR); 18, rue Paul Ladevèze, F-18400 Saint-Florent-sur-Cher (FR). (74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).		(81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Publiée Avec rapport de recherche internationale.	
(54) Title: IMPROVED PROBE FOR MEASURING PHYSICAL PARAMETERS OF A FLUID FLOW (54) Titre: SONDE PERFECTIONNÉE POUR LA MESURE DE PARAMÈTRES PHYSIQUES D'UN ÉCOULEMENT DE FLUIDE (57) Abstract <p>The invention concerns a probe (S) for measuring physical parameters of a fluid flow generally directed rearwards of the probe, the probe comprising a structure (10, 20) bearing at least a sensor (C). The invention is characterised in that said structure comprises a part (20) whereof a leading edge (22) extends generally frontwards of the sensor and has a shape adapted to generate a vortex, and the sensor extends in the axial region of said vortex.</p> <p>(57) Abrégé L'invention concerne une sonde (S) pour la mesure de paramètres physiques d'un écoulement de fluide dirigé généralement vers l'arrière de la sonde, la sonde comprenant une structure (10, 20) portant au moins un capteur (C), caractérisée en ce que ladite structure comprend une partie (20) dont un bord d'attaque (22) s'étend généralement en avant du capteur et est de forme adaptée pour créer un tourbillon, et en ce que le capteur s'étend dans la région axiale dudit tourbillon.</p>			

22/4/

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovenie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TO	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Barbades Paso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MM	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Bразил	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Belarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroon	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Saint-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

23/41

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

## SONDE PERFECTIONNEE POUR LA MESURE DE PARAMETRES PHYSIQUES D'UN ECOULEMENT DE FLUIDE

La présente invention concerne une sonde pour la mesure de  
5 paramètres physiques d'un écoulement de fluide.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans  
le domaine de l'aéronautique, pour la mesure de la température de l'air  
s'écoulant autour du fuselage d'un avion, ou encore de l'air entrant dans  
l'étage compresseur d'un moteur d'avion à réaction.

10 On connaît déjà des sondes montées en paroi sur le fuselage ou en  
entrée de moteur des avions, pour mesurer la température de l'air. Ces  
sondes sont destinées à fonctionner dans des environnements et à des  
altitudes faisant intervenir des températures largement inférieures à 0°C, et  
des atmosphères pouvant être chargées en molécules d'eau en surfusion.

15 Une contrainte inhérente au fonctionnement de ces sondes est  
qu'elles doivent comprendre des moyens pour éviter la formation et  
l'accumulation de givre à proximité de l'élément sensible de la sonde. En  
effet, une telle accumulation de givre fausserait les mesures effectuées par  
la sonde.

20 Une solution connue pour éviter l'accumulation de givre consiste à  
chauffer certaines parties de la sonde se trouvant à proximité de l'élément  
sensible, et à corriger l'écart de mesure systématique dû à ce chauffage.

Cette solution est généralement acceptable pour mesurer la  
température dans des environnements comportant relativement peu d'eau  
25 en surfusion (par exemple dans lesquels la concentration en eau en  
surfusion est inférieure à 1,25 grammes par m<sup>3</sup> d'air), mais elle n'est pas  
adaptée en soi pour dégivrer correctement la sonde dans des atmosphères  
plus fortement chargées en eau.

En effet, dans ce cas, le seul recours à un chauffage plus intensif  
30 permet certes de faire fondre le givre, mais il provoque un écoulement de  
gouttes d'eau issues de cette fusion, gouttes qui viennent au contact de

24/4/

WO 00/31508

2

PCT/FR99/02829

l'élément sensible en s'écoulant et faussent ainsi la mesure délivrée par la sonde.

De plus, l'augmentation de l'intensité du chauffage n'est pas une solution satisfaisante du point de vue économique, car l'augmentation de la puissance électrique consommée et du coût associé n'est alors pas

5 négligeable.

Un autre moyen pour dégivrer la sonde, employé en combinaison avec le chauffage, est de définir la géométrie de la sonde de manière à dévier autant que faire se peut les trajectoires des particules d'eau en

10 surfusion contenues dans l'écoulement d'air autour de la sonde, de manière à ce qu'une proportion importante de ces particules passent à distance de l'élément sensible de la sonde.

On connaît ainsi des sondes dont l'élément sensible est logé dans un canal interne dans lequel seulement une partie des particules d'eau

15 pénètrent lorsque l'air s'écoule autour de la sonde. Cette solution présente toutefois l'inconvénient de compliquer la fabrication de la sonde, car il est alors nécessaire de prévoir des aménagements complexes pour passer des câbles électriques afin d'alimenter l'élément sensible et de recueillir les signaux qu'il délivre.

De plus dans ce cas l'élément sensible, se trouvant dans un canal dans lequel seule une partie du flux d'air pénètre, est peu ventilé par l'air s'écoulant et il est nécessaire que cet élément ait une grande sensibilité, ce qui augmente en général son coût et sa fragilité (emploi de composants en céramique pour la mesure de température par exemple).

20

On connaît également une sonde profilée en forme générale d'aile d'avion, dans laquelle l'élément sensible est placé dans un conduit traversant en oblique l'épaisseur du profil. Dans cette sonde, l'élément sensible est situé dans un écoulement secondaire de l'écoulement principal de l'air autour de la sonde, ledit écoulement secondaire véhiculant

25 sensiblement moins de particules d'eau que l'écoulement principal. Grâce à un chauffage modéré de la sonde, il est possible de mesurer avec fiabilité la température d'environnements relativement humides et froids.

30

25/41

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

3

Un but de l'invention est d'apporter un nouveau perfectionnement significatif par rapport à l'art antérieur évoqué ci-dessus, pour permettre de constituer des sondes pouvant fonctionner dans des plages de températures et d'humidité élargies, les coûts de fabrication et d'utilisation de la sonde étant réduits et sa fiabilité étant en outre accrue.

Afin d'atteindre ce but, l'invention propose une sonde pour la mesure de paramètres physiques d'un écoulement de fluide dirigé généralement vers l'arrière de la sonde, la sonde comprenant une structure portant au moins un capteur, caractérisée en ce que ladite structure comprend une partie dont un bord d'attaque s'étend généralement en avant du capteur et est de forme adaptée pour créer un tourbillon, et en ce que le capteur s'étend dans la région axiale dudit tourbillon.

Des aspects préférés, mais non limitatifs de la sonde selon l'invention sont les suivants :

- 15 - ledit tourbillon est abrité derrière ladite partie de structure par rapport à l'écoulement du fluide.
- ledit capteur est un capteur de température comprenant une résistance à coefficient de température positif, notamment en platine, ou un thermocouple.
- 20 - ladite partie de structure est destinée à être montée avec une incidence non nulle par rapport à la direction principale d'écoulement du fluide, de manière à définir sur ladite partie de structure un intrados et un extrados.
- ladite incidence non nulle est comprise entre 15° et 45°, sa valeur étant de préférence environ 30°.
- ladite partie de structure a une forme générale d'aile demi delta.
- ladite aile demi delta a une flèche comprise entre 35° et 85°, sa valeur étant de préférence environ 50°.
- ladite partie de structure est essentiellement plane.
- 30 - ladite partie de structure comporte une région en biseau entre son intrados et son bord d'attaque, de sorte que ledit bord d'attaque est aigu.

26/4/

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

4

- ledit capteur s'étend de manière essentiellement rectiligne à proximité de l'extrados de ladite partie de structure en définissant dans l'espace un premier écart angulaire avec l'extrados, la projection du capteur sur le plan moyen de l'extrados définissant dans ce plan un deuxième écart angulaire avec le bord d'attaque de la partie de structure.
  - chacun desdits écarts angulaires a une valeur comprise entre 5 et 20°.
  - ladite partie de structure comprend des moyens de chauffage.
  - ladite partie de structure comporte deux plaques correspondant respectivement à l'intrados et à l'extrados et entre lesquelles sont placés des fils résistifs constituant lesdits moyens de chauffage, l'espace entre les deux plaques étant rempli par une brasure.
  - la conductibilité thermique de la plaque correspondant à l'intrados de ladite partie de structure est supérieure à celle de la plaque correspondant à son extrados.
  - ladite partie de structure est montée sur un mât profilé.
- D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante de deux formes de réalisation de l'invention, faite en référence aux dessins annexes sur lesquels :
- les figures 1a à 1d sont des vues schématiques d'une sonde de température selon l'invention ;
  - les figures 2a et 2b sont deux vues selon des perspectives différentes d'une première forme de réalisation d'une sonde selon l'invention ;
  - la figure 3 est une vue de détail de la section d'une partie de la sonde des figures 2a et 2b, et
  - la figure 4 est une vue de côté d'une deuxième forme de réalisation de l'invention.

Les figures 1a à 1d sont des sections d'une sonde S placée dans un écoulement de fluide arrivant avec une vitesse  $V_{in}$ . Pour une meilleure compréhension de la description, on définit un repère XYZ lié à la sonde, tel que représenté sur les figures. Dans ce repère :

27/41

WO 00/31508

5

PCT/FR99/02829

- le fluide arrive sur la sonde selon une direction parallèle à X, en s'écoulant de l'amont vers l'aval,
- l'axe Z est perpendiculaire à un élément de paroi d'avion (non représenté) sur lequel la sonde est montée.

5 La sonde S comprend un support 10 sur lequel est fixée une aile 20 ayant la géométrie générale d'une aile demi delta. Comme cela apparaît sur la figure 1d, l'aile 20 est placée dans l'écoulement de fluide avec une incidence  $\alpha$ .

Le support 10 comprend principalement une plaque 100 et un mât  
10 102 fixé sur la plaque et portant l'aile.

La plaque 100 est munie de perçages 101 pour être fixée affleurante sur une paroi de montage du fuselage ou de l'entrée de réacteur d'un avion.

Le mât 102 est fixé (par exemple par soudage) sur la face 1000 de la  
15 plaque qui est destinée à affleurer vers l'extérieur de la paroi de l'avion lorsque l'ensemble est monté. Ce mât, qui permet de maintenir l'aile 20 en dehors de la couche limite s'écoulant sur la paroi de l'avion, est de forme profilée selon l'axe X, pour réduire sa traînée.

Sur les schémas des figures 1a à 1d, le mât 102 qui s'étend  
20 généralement selon l'axe Z comprend une première partie 1020 adjacente à la plaque de montage 100, prolongée par une deuxième partie 1021 également profilée mais de section différente dans le plan XY et par une platine 1022 sur laquelle l'aile est fixée.

Le mât 102 peut également être réalisé en une pièce unique et avoir  
25 une section sensiblement constante selon Z, comme le montrent les deux exemples de réalisation des figures 2a, 2b et 3.

Le mât 102 porte à son extrémité opposée à la plaque de support 100 l'aile 20, qui forme avec le support 10 un assemblage rigide.

L'aile 20 a comme on l'a dit la forme générale d'une aile demi delta, sa flèche F qui est représentée sur la figure 1a étant de l'ordre de 50°. La  
30 figure 1a permet également de visualiser le bord d'attaque 22 et le bord de fuite 23 de l'aile.

28/4/

WO 00/31508

6

PCT/FR99/02829

Comme représenté sur la figure 1d (et comme cela apparaît en particulier sur la figure 2b), l'épaisseur de l'aile 20 est sensiblement constante dans le plan XY perpendiculaire à son envergure, à l'exception d'une zone 21 adjacente au bord d'attaque 22, ladite zone définissant un biseau entre l'intrados 220 de l'aile en incidence et le bord d'attaque 22, qui est aigu. L'extrados 221 de l'aile est quant à lui entièrement plan du bord d'attaque 22 de l'aile jusqu'à son bord de fuite 23.

Le bord d'attaque aigu 22 de l'aile 20, provoque l'apparition d'un décollement de l'écoulement d'air, en arrière duquel s'enroule un tourbillon (côté extrados de l'aile).

Ce tourbillon évolue à proximité de la face d'extrados 221 de l'aile de sorte que son axe suive sensiblement une ligne droite L partant en amont d'un point P1 situé à proximité du sommet de l'aile 20 côté extrados.

Vers l'aval, cette ligne L :

- s'écarte de l'aile avec un angle  $\beta$  (représenté sur la figure 1d et dont la valeur, comprise entre 5 et 20°, est de préférence voisine de 7°25) dans le plan XY,
- tout en s'écartant du bord d'attaque avec un angle  $\gamma$  (représenté sur la figure 1a et dont la valeur, également comprise entre 5 et 20°, est de préférence voisine de 11°04), pour se rapprocher de la direction principale d'écoulement X et surplomber l'aile dans le plan XZ.

L'existence de ce tourbillon est particulièrement favorisée par la forme particulière en demi delta de l'aile 20 décrite ci-dessus. De plus, cette forme assure également que la position de ce tourbillon (et en particulier de son axe) reste sensiblement constante pour une très large gamme de nombres de Reynolds  $Re$  et d'incidences  $\alpha$ .

Dans une variante de réalisation non représentée sur les figures, l'aile 20 peut toutefois être remplacée par un élément ayant un profil différent, dont le bord d'attaque aigu est apte à générer un tourbillon évoluant également vers l'aval de l'écoulement au-dessus de l'extrados dudit profil, lorsque celui-ci est placé en incidence.



29/4/

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

7

La sonde S comporte également un capteur de température C, pouvant comprendre par exemple un élément thermorésistif tel qu'une résistance thermique à coefficient de température positif (de préférence en platine), mais pouvant également être dans une variante de réalisation un thermocouple. Ce capteur constitue l'élément sensible de la sonde. Il n'est représenté que sur les figures 1a à 1d, par souci de clarté des figures.

Le capteur C, qui a la forme d'un cylindre allongé, est fixé sur l'extrados 221 (par un élément de support non représenté, ou par une soudure directement sur l'extrados) à proximité du point P1 d'origine du tourbillon évoqué ci-dessus, et par une pièce 2210 de support fixée sur l'extrados au voisinage du bord de fuite 23 de l'aile.

Le capteur est disposé suivant la ligne L, de manière à coïncider avec l'axe du tourbillon décrit ci-dessus.

Son élément sensible est dans le présent mode de réalisation un fil thermorésistif à coefficient de température positif, connecté à des moyens d'alimentation électrique et de traitement des signaux qui sont dans l'avion, par l'intermédiaire de câbles contenus dans un conduit 30. Les figures 2a, 2b et 3 montrent également un connecteur électrique 40 pour raccorder ces câbles aux moyens de l'avion.

Le conduit 30 traverse tout ou partie du mât 102, afin de ne pas augmenter la traînée aérodynamique de l'ensemble. Sur les schémas des figures 1a à 1d, seule la partie 1020 du mât est traversée par le conduit 30. Sur la figure 2a ce conduit est entièrement à l'intérieur du mât 102, ce qui améliore l'aérodynamisme de l'ensemble.

En référence de nouveau aux figures 1a à 1d, le capteur C s'étend selon l'axe L du tourbillon généré par le bord d'attaque 22 aigu de l'aile 20, du bord d'attaque jusqu'à un point P2 de l'axe du tourbillon situé légèrement en amont du bord de fuite 23 de l'aile.

Lorsque la sonde est montée en paroi sur l'avion et que l'avion avance dans l'air de sorte que l'aile 20 est en incidence d'un angle voisin de  $\alpha$  par rapport à l'écoulement de l'air, (ou que le compresseur du moteur fonctionne et génère ainsi une circulation d'air dans le cas d'une sonde

30/4/

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

8

montée en entrée de réacteur), l'air s'écoulant sur l'aile 20 s'enroule suivant le tourbillon d'extrados décrit ci-dessus, dans le centre duquel le taux d'humidité est très sensiblement inférieur au taux d'humidité de l'air environnant.

- 5 En effet, le décollement de bord d'attaque évoqué plus haut et qui est suivi du tourbillon constitue un premier barrage pour les gouttes d'eau en surfusion dans l'air, dont une partie importante passe côté intrados de l'aile 20.

- 10 De plus, le rotationnel important du tourbillon engendre un effet de centrifugation qui éloigne de l'axe du tourbillon la plupart des gouttes qui sont passées côté extrados, malgré le décollement. Ces gouttes évoluent ainsi à l'écart du capteur C sur lequel le givre n'est pas susceptible de se former.

- 15 Ainsi, le capteur C est-il selon l'invention situé au centre d'un tourbillon, de manière particulièrement avantageuse pour réduire au maximum les perturbations de mesure de températures pouvant résulter d'une forte concentration d'eau en surfusion dans l'air.

- 20 De plus, les vitesses axiales parallèles à l'axe L du tourbillon sont très importantes au voisinage du capteur (de l'ordre de  $2,5 V_{\infty}$ ), ce qui favorise la ventilation du capteur.

Cette bonne ventilation du capteur réduit son temps de réponse et permet d'utiliser un capteur blindé, plus robuste que des capteurs très sensibles, tels que ceux comprenant des composants en céramique, plus chers et plus fragiles.

- 25 En outre, étant très ventilé, le capteur C délivre des mesures dont la reproductibilité est bien meilleure que celle des capteurs des sondes de l'état de la technique logés dans des canaux internes, qui nécessitaient un étalonnage fastidieux et coûteux.

- 30 En se référant maintenant plus particulièrement à la figure 2b, la géométrie d'épaisseur sensiblement constante de l'aile 20 permet une réalisation simple sous la forme de deux plaques 200 et 201 assemblées, la

31/01

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

9

plaque 200 correspondant à l'intrados de l'aile et la plaque 201 correspondant à son extrados.

Par ailleurs, la sonde S est également munie de fils électriques résistifs pour chauffer l'aile et le mât, afin d'éviter l'accumulation de givre sur ces éléments.

Outre le fait que la réalisation de l'aile en deux plaques est simple et économique, elle permet d'intégrer facilement de tels fils résistifs entre ces deux plaques pour chauffer l'aile, lesdits fils résistifs étant alimentés par l'intermédiaire des câbles du conduit 30.

La figure 3 permet ainsi de visualiser l'implantation de fils gainés 2000 dans l'interstice 2001 séparant les plaques 200 et 201 de l'aile 20.

Etant donnée la faible épaisseur des fils résistifs, il n'est même pas nécessaire d'usiner les faces des deux plaques constituant l'aile pour intégrer ces fils, un matériau de brasure 2002 remplissant cet interstice.

Comme on l'a dit, une partie importante de l'eau en surfusion contenue dans l'air arrivant sur le capteur s'écoule sur l'intrados de l'aile 20. Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, la plaque 200 constituant l'intrados de l'aile peut mieux conduire la chaleur que la plaque 201 d'extrados, afin de diriger la chaleur dégagée par les fils résistifs vers l'intrados. Notamment, la plaque 201 peut être réalisée en un alliage d'acier alors que la plaque 200 est en alliage cuivreux, par exemple du cuproberyllium.

La sonde représentée sur la figure 4 illustre une variante de réalisation de l'invention dans laquelle la partie du bord de fuite 23 de l'aile 20 qui est la plus éloignée de la ligne L correspondant à l'axe du tourbillon est coupée. Ceci permet de réduire la quantité de matière nécessaire à la fabrication de l'aile, sans compromettre son comportement aérodynamique et en particulier la formation du tourbillon. Ceci permet également de supprimer une partie excentrée de l'aile qui pourrait éventuellement générer des vibrations.

32/81

WO 00/31508

10

PCT/FR99/02829

## REVENDICATIONS

5

1. Sonde (S) pour la mesure de paramètres physiques d'un écoulement de fluide dirigé généralement vers l'arrière de la sonde, la sonde comprenant une structure (10, 20) portant au moins un capteur (C), caractérisée en ce que ladite structure comprend une partie (20) dont un  
10 bord d'attaque (22) s'étend généralement en avant du capteur et est de forme adaptée pour créer un tourbillon, et en ce que le capteur s'étend dans la région axiale (L) dudit tourbillon.

2. Sonde (S) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit  
15 tourbillon est abrité derrière ladite partie de structure (20) par rapport à l'écoulement du fluide.

3. Sonde (S) selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit capteur (C) est un capteur de température comprenant une  
20 résistance à coefficient de température positif, notamment en platine, ou un thermocouple.

4. Sonde (S) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ladite partie de structure (20) est destinée à être montée avec  
25 une incidence ( $\alpha$ ) non nulle par rapport à la direction principale d'écoulement du fluide (X), de manière à définir sur ladite partie de structure un intrados (200, 220) et un extrados (201, 221).

5. Sonde (S) selon la revendication 4, caractérisée en ce que  
30 ladite incidence ( $\alpha$ ) non nulle est comprise entre 15° et 45°, sa valeur étant de préférence environ 30°.

23/41

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

11

6. Sonde (S) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite partie de structure (20) a une forme générale d'aile demi delta.

5 7. Sonde (S) selon la revendication 6, caractérisée en ce que ladite aile demi delta (20) a une flèche (F) comprise entre 35° et 65°, sa valeur étant de préférence environ 50°.

8. Sonde (S) selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce  
10 que ladite partie de structure (20) est essentiellement plane.

9. Sonde (S) selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisée en ce que ladite partie de structure (20) comporte une région en biseau (21) entre son intrados (200, 220) et son bord d'attaque (22), de  
15 sorte que ledit bord d'attaque (22) est aigu.

10. Sonde (S) selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisée en ce que ledit capteur (C) s'étend de manière essentiellement rectiligne à proximité de l'extrados (201, 221) de ladite partie de structure  
20 (20) en définissant dans l'espace un premier écart angulaire ( $\beta$ ) avec l'extrados (201, 221), la projection du capteur (C) sur le plan moyen de l'extrados définissant dans ce plan un deuxième écart angulaire ( $\gamma$ ) avec le bord d'attaque (22) de la partie de structure (20).

25 11. Sonde (S) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que chacun desdits écarts angulaires ( $\beta$ ,  $\gamma$ ) a une valeur comprise entre 5 et 20°.

12. Sonde (S) selon l'une quelconque des revendications 8 à 11,  
30 caractérisée en ce que ladite partie de structure comprend des moyens de chauffage.

34/41

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

12

13. Sonde (S) selon la revendication 12, caractérisée en ce que ladite partie de structure (20) comporte deux plaques (200, 201) correspondant respectivement à l'intrados (220) et à l'extrados (221) et entre lesquelles sont placés des fils résistifs (2000) constituant lesdits  
5 moyens de chauffage, l'espace (2001) entre les deux plaques étant rempli par une brasure (2002).

14. Sonde (S) selon la revendication 13, caractérisée en ce que la conductibilité thermique de la plaque (200) correspondant à l'intrados de  
10 ladite partie de structure (20) est supérieure à celle de la plaque (201) correspondant à son extrados.

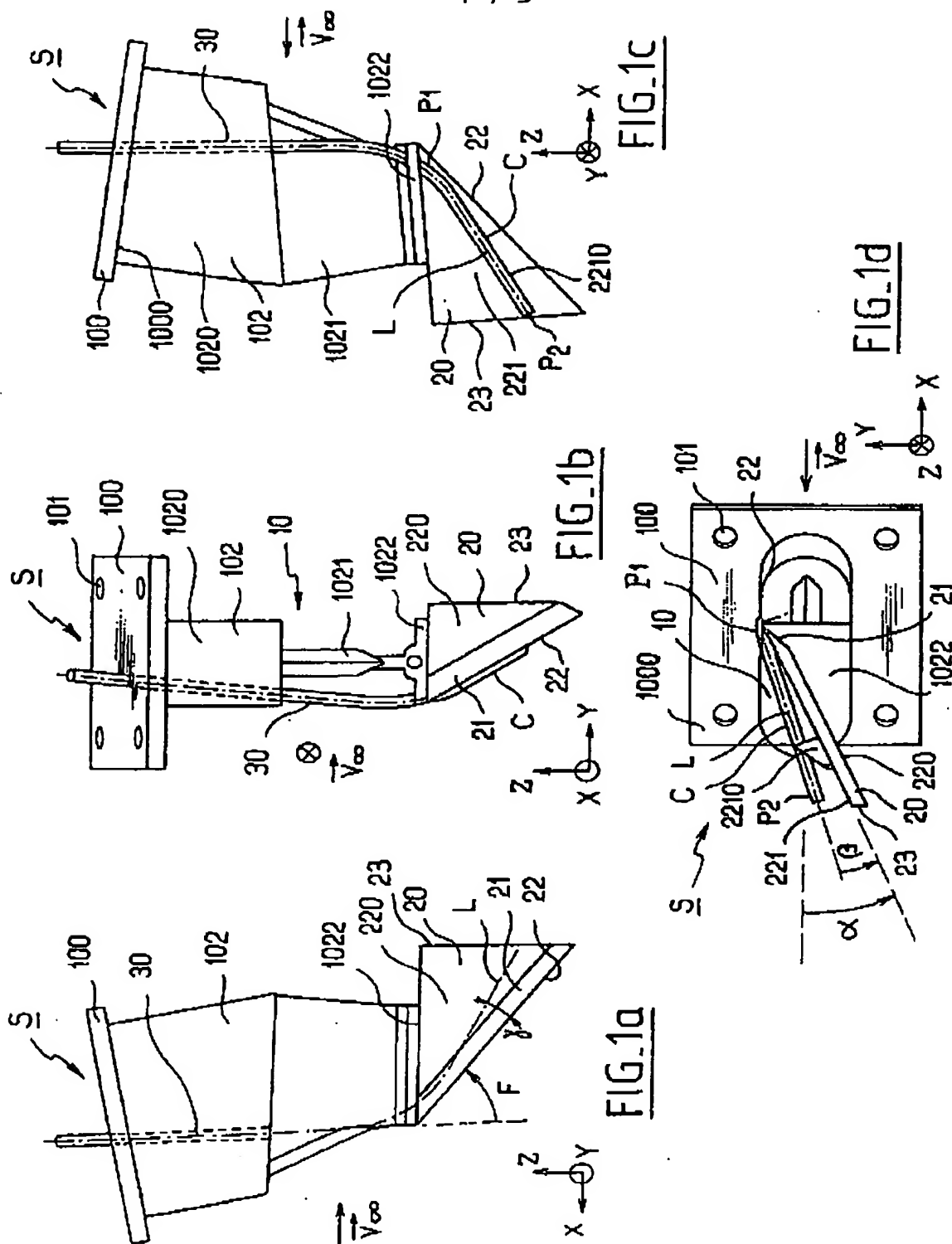
15. Sonde (S) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite partie de structure (20) est  
15 montée sur un mât (102) profilé.

35/41

**WO 00/31508**

**PCT/FR99/02829**

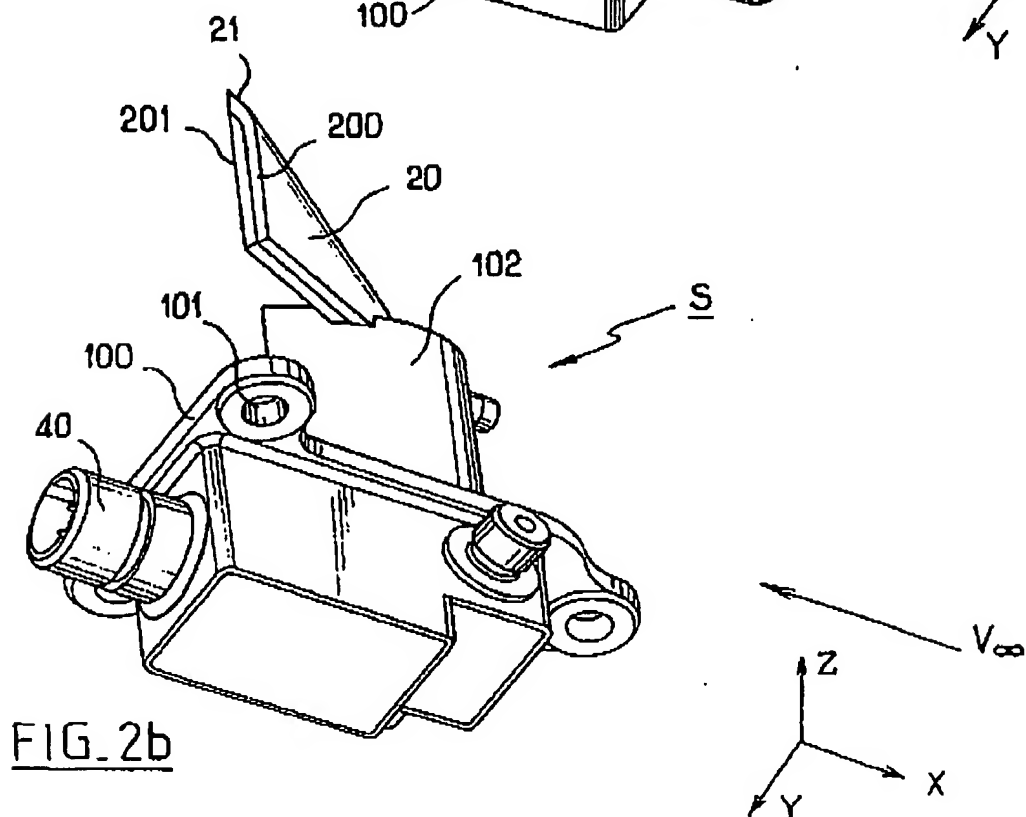
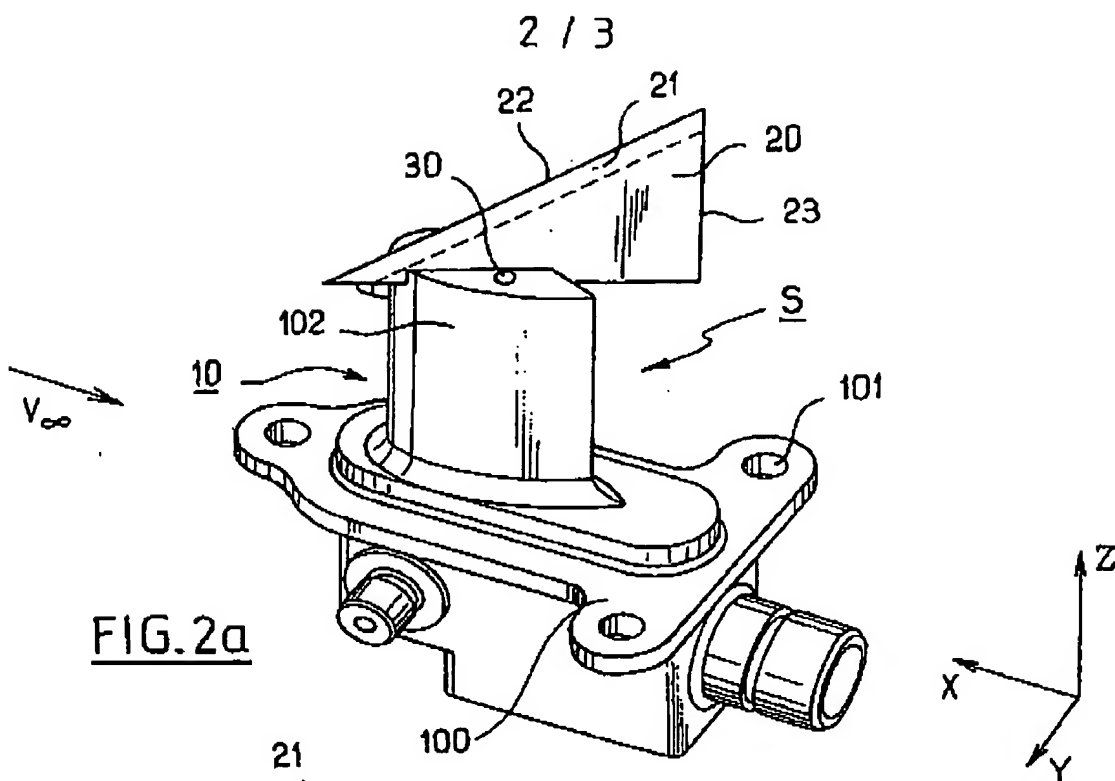
1 / 3



36/41

WO 00/31508

PCT/FR99/02829





37/41

WO 00/31508

PCT/FR99/02829

3 / 3

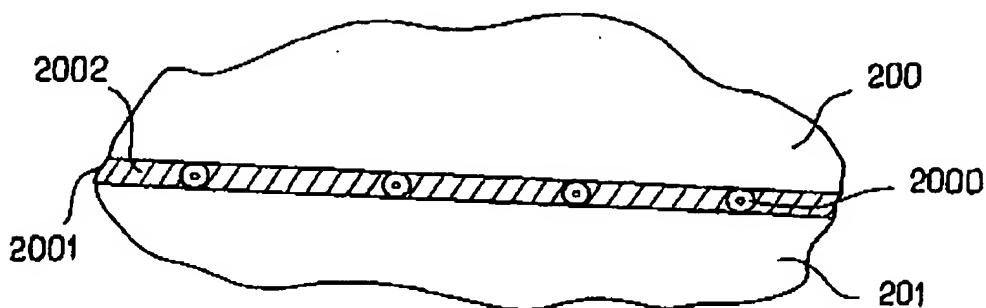


FIG. 3

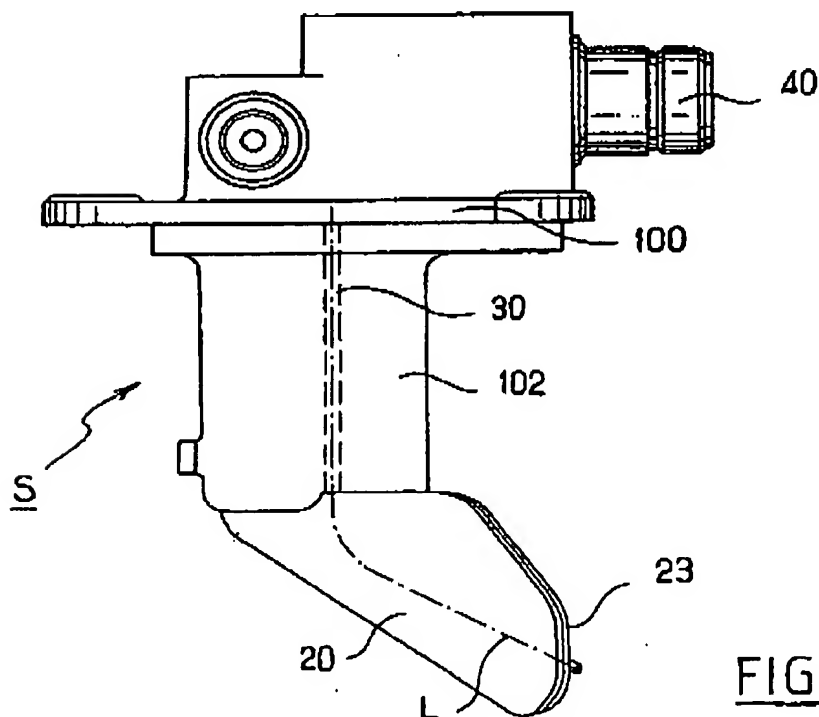


FIG. 4

38/41

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nat. Application No. PCT/FR 99/02829		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01K13/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01K 8640		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevance to claim No.
A	US 5 653 538 A (PHILLIPS RICHARD W) 5 August 1997 (1997-08-05) column 1, line 44 -column 2, line 9	1, 12, 13
A	EP 0 835 804 A (GEN ELECTRIC) 15 April 1998 (1998-04-15) column 3, line 6 -column 4, line 31; figure 6	1
A	US 2 970 475 A (F.D. WERNER) 7 February 1961 (1961-02-07) abstract; figures	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "S" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 13 January 2000		Date of mailing of the international search report 21/01/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5816 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Ramboer, P

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

39/41

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No  
PCT/FR 99/02829

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5653538 A	05-08-1997	NONE	
EP 0835804 A	15-04-1998	US. 5752674 A JP 10121985 A	19-05-1998 12-05-1998
US 2970475 A	07-02-1961	NONE	

Form PCT/ISA210 (patent family annex) (July 1992)

40/41

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. internationale No  
PCT/FR 99/02829A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G01K13/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G01K B64D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, formes de recherche utilisées)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 653 538 A (PHILLIPS RICHARD W) 5 août 1997 (1997-08-05) colonne 1, ligne 44 - colonne 2, ligne 9	1, 12, 13
A	EP 0 835 804 A (GEN ELECTRIC) 15 avril 1998 (1998-04-15) colonne 3, ligne 6 - colonne 4, ligne 31; figure 6	1
A	US 2 970 475 A (F.D. WERNER) 7 février 1961 (1961-02-07) abrégé; figures	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cle pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tout autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*A\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 janvier 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/01/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 21 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Ramboer, P

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième édition) (juillet 1992)

41/41

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem Internationale No

PCT/FR 99/02829

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membres de la famille de brevets)	Date de publication
US 5653538 A	05-08-1997	AUCUN	
EP 0835804 A	15-04-1998	US 5752674 A	19-05-1998
		JP 10121985 A	12-05-1998
US 2970475 A	07-02-1961	AUCUN	

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (juillet 1992)